

Буданцева Н.А., Васильчук Ю.К. Засоленность голоценовых отложений и повторно-жильных льдов в низовьях р.Монгаталянгяха, полуостров Явай // Арктика и Антарктика. — 2018. - № 3. - С.66-83. DOI: 10.7256/2453-8922.2018.3.27776. URL: http://e-notabene.ru/arctic/article_27776.html
Budantseva N.A., Vasilchuk Yu.K. Salinity of Holocene sediments and ice wedges in the lower reaches of the Mongatyanggyakha River, Yavai Peninsula. Arctic and Antarctic. — 2018. - N 3. - P. 66-83. DOI: 10.7256/2453-8922.2018.3.27776. URL: http://e-notabene.ru/arctic/article_27776.html

Засоленность голоценовых отложений и повторно-жильных льдов в низовьях р.Монгаталянгяха, полуостров Явай

Буданцева Надежда Аркадьевна

кандидат географических наук

старший научный сотрудник, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ)

119992, Россия, г. Москва, ул. Ленинские Горы, 1, стр. 19

Budantseva Nadine Arkad'evna

PhD in Geography

Senior Scientific Associate, the department of Geography, M. V. Lomonosov Moscow State University

119992, Russia, g. Moscow, ul. Leninskie Gory, 1, stroenie 19

✉ nadin.budanceva@mail.ru



Васильчук Юрий Кириллович

доктор геолого-минералогических наук

профессор, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, Московский государственный университет

119991, Россия, г. Москва, ул. Ленинские Горы, 1, оф. 2009

Vasil'chuk Yuriy Kirillovich

Doctor of Geology and Mineralogy

119991, Russia, g. Moscow, ul. Leninskie Gory, 1, of. 2009

✉ vasilch_geo@mail.ru



Аннотация

Объектом исследований являются повторно-жильные льды и вмещающие их голоценовые отложения поймы и лайды на северо-западе Гыданского п-ова в низовьях р.Монгаталянгяха. Выполнен анализ содержания и состава воднорастворимых солей во льду жил и во вмещающих отложениях. Авторы рассмотрели распределение данных химического состава отложений по глубине, сопоставив с составом отложений. При анализе химического состава льда особое внимание уделено выявлению дифференциации минерализации и ионного состава в пределах одной жилы. Для анализа химического состава отбирался чистый лед из шурфов и обнажений, образцы дополнительно очищались от избыточных минеральных примесей. Некоторые образцы подвергались фильтрации сразу после оттаивания. Параллельный химический анализ воды с осадком и отфильтрованной показал очень близкие результаты. Также в шурфах и обнажениях проводился отбор образцов вмещающих жилы отложений для анализа содержания и состав воднорастворимых солей. Новизной проведенного исследования является выявление дифференциации жильного льда на зоны неодинаковой минерализации, которые формируются в результате смены фациальной и гидрохимической обстановки во время роста ледяных жил. Основными выводами

является установление влияния лагунно-морской акватории Гыданской губы в низовьях р. Монгаталянгьяха, что проявилось как в преобладающем хлоридно-натриевом засолении отложений, так и в формировании дифференцированных по минерализации повторно-жильных льдов, в формировании которых принимали участие как пресные талые снеговые воды, так и речные воды (на пойме) и воды лагунно-морского залива (на лайде).

Ключевые слова: повторно-жильный лед, север Гыданского полуострова, полигональный рельеф, голоцен, пойма, лайда, засоленность отложений, минерализация льда, ионный состав, режим осадконакопления

DOI:

10.7256/2453-8922.2018.3.27776

Дата направления в редакцию:

25-10-2018

Дата рецензирования:

25-10-2018

Дата публикации:

26-10-2018

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 17-05-00793 и 18-05-60272

Abstract

Object of study are ice-wedges and enclosing sediments of Holocene age of floodplain and a laida in lower reaches of the Mongatyanggyakha River, northwest of Gydan Peninsula. The analysis of salinity and ion composition both in ice-wedge ice and enclosing sediments was carried out. For the chemical composition analysis pure ice from pits and exposures was sampled, samples were additionally cleaned from excess mineral impurity. Some samples were filtered immediately after thawing. Chemical analysis of sample with sediment and the same filtered sample has yielded very close results. Sampling of enclosing sediments for chemical analysis was also carried out. Novelty of the study is identification of ice-wedge differentiation according to different salinity and ion composition which are formed as a result of change of facial and hydrochemical regime during ice-wedge growth. The main conclusions is revealing of influence of the lagoon-marine water the Gydan Bay on the chemical composition of sediments and ice-wedges in lower reaches of the Mongatyanggyakha River that was shown both in the prevailing chlorine-sodium salinity of sediments, and in formation of fragments with different salinity within ice-wedge indicating that source of ice was both fresh thawed snow waters and river water (on the floodplain) and lagoon-marine water (on the laida).

Keywords:

ice-wedge, north of Gydan Peninsula, polygonal network, Holocene, floodplain, laida, soil salinity, ice-wedge salinity, ion composition, sedimentation regime

Введение

Химический состав подземных льдов отражает особенности гидрохимической обстановки времени их образования или промерзания и может быть важным критерием для реконструкции палеофациальной компоненты при палеогеокриологических построениях. Анализ опубликованных данных о химическом составе льда [\[1-19\]](#) показывает, что вероятность встречи на севере Западной Сибири опресненных и

слабозасоленных (это классификационные, а не качественные названия) повторно-жильных льдов с величиной общей минерализации более 200 мг/л не превышает 10%. Несмотря на редкую встречаемость слабозасоленных разностей повторно-жильных льдов, пренебрегать ими не следует, так как именно эти жилы являются прямыми индикаторами морского или лагунно-морского режима осадконакопления (в условиях верхней литорали и пляжа) во время их формирования. Заметим, что и в пресных сингенетических жилах могут обособляться зоны с различной минерализацией.

Ранее установлено [4, 5, 8], что засоленность повторно-жильных льдов, заключенных в голоценовых толщах, в целом несколько выше. Она достаточно различна во льдах жил, сформировавшихся в аллювиальных отложениях, с одной стороны, и морских и лагунно-морских – с другой.

При изучении сингенетических голоценовых жил на поймах и первых террасах рек Гыданского п-ова [8] установлено, что в верховьях рек они пресные, их минерализация не достигает 0,1 г/л. При продвижении вниз по течению рек к морю (или к губе) минерализация нередко существенно возрастает. В толщах первых террас лайд и пойм в устьевых частях рек минерализация льда жил часто превышает 0,2 г/л, а в отдельных случаях достигает величин порядка 0,8–1,2 г/л, т. е. жилы переходят в разряд слабоминерализованных.

При сопоставлении минерализации повторно-жильных льдов на поймах и на лайдах севера Западной Сибири выявлено [8], что встречаемость повторно-жильных льдов с величиной сухого остатка 0,2 г/л и более в аллювиальных голоценовых толщах пойм близка к нулю, тогда как в лагунно-морских и морских голоценовых толщах лайд они отмечаются в 22% проанализированных проб, а в 16% образцов жил в толщах лайд общая минерализация превысила 0,4 г/л [8].

Цель нашей работы – проследить влияние морской акватории на засоленность голоценовых отложений поймы и лайды на востоке п-ова Явай, северо-западная оконечность Гыданского п-ова в низовьях р. Монгаталян-гяха.

Методика отбора образцов

Все образцы отбирались нами из чистого льда. Относительно просто это было сделать в шурфах; несколько сложнее в обнажениях, где для отбора чистых образцов льда для исключения влияния процессов поверхностного обмена, приходилось скалывать слой мощностью 0,3–0,5 м и лишь затем уже отбирать образец. Во всех случаях образцы очищались от избыточных минеральных примесей. Лед с большим количеством минеральных включений откалывался и выбрасывался. Чистые ледяные монолиты помещались в двойной пластиковый мешок. Они таяли при температуре, не выше средней комнатной, затем переливались в стеклянную или химически инертную специальную пластмассовую посуду и плотно закрывались. Обработка образцов в химических лабораториях по возможности ускорялась, чтобы исключить химический обмен с воздухом окружающей среды, который неизбежен при длительном хранении. Следует задержать внимание и на влиянии минеральных примесей на химический состав подземных льдов. Несомненно, минерализация льда, содержащего большое количество примесей грунта, выше, чем чистого льда. Но мы хотели установить, не влияет ли малое количество примесей (менее 5%) на состав льда. Чаще всего, именно такие незначительные включения грунта, отмечаются в повторно-жильных и в некоторых пластовых льдах.

Для исследования влияния минеральных включений на состав воды получаемой при отборе жильных льдов мы выполнили эксперимент: профильтровали часть воды, полученную при таянии нескольких десятков образцов льда (фильтрация производилась сразу после оттаивания), и провели параллельно химический анализ воды с осадком и воды отфильтрованной. Во всех случаях результаты получились очень близкие (а в некоторых образцах отфильтрованная вода оказалась даже чуть

более минерализованной -- возможно сказалось влияние фильтра). Кроме того, был проведен еще один эксперимент: несколько образцов льда таяло на фильтре, в результате выяснилось, что первая порция талой воды несколько менее минерализована, чем последующие, однако и в этом случае разница в минерализации была весьма незначительной. Отбор образцов по сетке дал возможность установить, что лед жил часто дифференцирован на зоны неодинаковой минерализации, располагающиеся в виде клиньев различной длины и сечения, вложенных друг в друга. Особенно это сказывалось в разрезах с большей степенью засоления ледяных жил. Конфигурация клиньев с разной засоленностью в теле жил не всегда правильная, часто они существенно несимметричны. Возникают клинья в результате последовательной смены фациальной и гидрохимической обстановки во время формирования ледяных жил. Большинство опубликованных данных по жилам севера Западной Сибири указывает на низкую степень засоления повторно-жильных льдов, что дало повод для суждения об их повсеместной низкой минерализации, не превышающей 100 мг/л [3]. Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что это не всегда так. Действительно, основная часть повторно-жильных льдов – пресная. Однако в ряде разрезов сингенетические голоценовые повторно-жильные льды минерализованы значительно сильнее.

Результаты исследования голоценовых жил

Для северных районов Гыдана – полуостровов Явай, Мамонта и др. – характерно сочетание сингенетических жил с верхним ярусом эпигенетических ледяных жил, при этом эпигенетический клин может не образовывать верхний ярус, он часто полностью включается в тело сингенетической жилы, образуя с ней единую поверхность. Это может объясняться тем, что в течение голоценового оптимума в этих северных районах не происходило увеличения глубины сезонного промерзания [4].

Детальные исследования верхней толщи голоценовых отложений поймы, лагунно-морской лайды, а также первой и второй аллювиальных террас были выполнены Ю.К.Васильчуком в ходе Тюменской экспедиции МГУ в низовьях р.Монгаталян-гяха в 1979 г. (рис. 1).

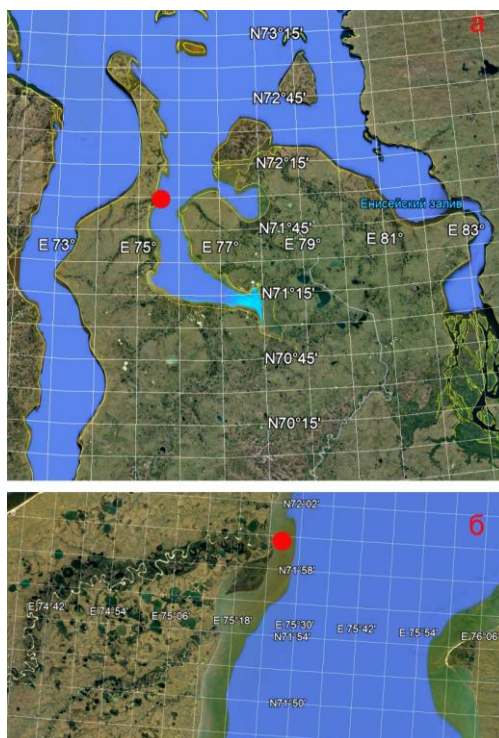


Рис. 1. Расположение района исследований на севере Гыданского п-ова. Красной точкой обозначен п-ов Явай (а) и устье р.Монгаталян-гяха (б)

Визуальными обследованиями и бурением установлено, что сингенетические повторно-жильные льды широко распространены на этих элементах рельефа. На левом берегу р.Монгаталянгяха, 3,2 км северо-западнее устья (точка 256-YuV), на поверхности второй террасы высотой 9-10 м развиты отчетливо выраженные валиковые полигоны почти квадратной формы, размерами 15х20 м, 18х22 м, с размерами внутренних ванн 9х10 м и 7х8 м. Превышение валиков над ваннами составляет 15-20 см, они разделены канавами шириной до 1,5 м, глубиной 0,3-0,35 м. В скважине, пробуренной в центре канавы между полигонами, сверху-вниз вскрыт торф мощностью 0,6 м, мерзлый с глубины 0,35 м, под которым вскрыт лед жилы до глубины 4,9 м (рис. 2).

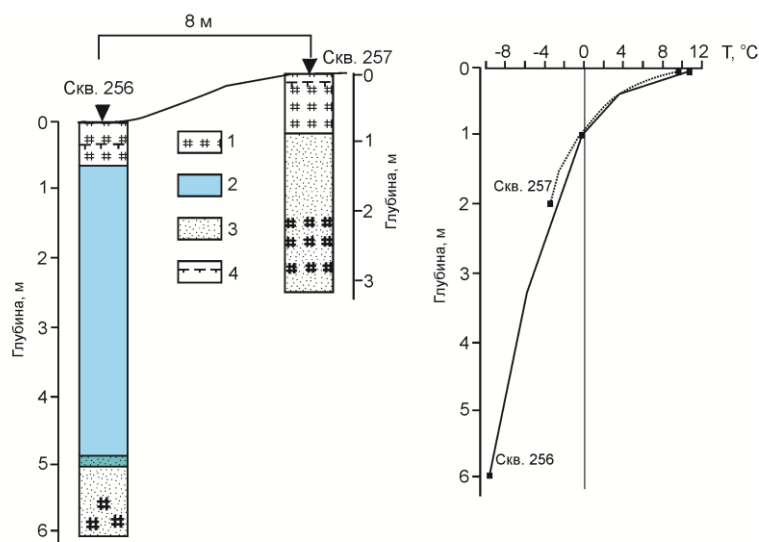


Рис. 2. Строение верхней части разреза второй аллювиальной террасы р. Монгаталянгяха (по скв. 256-YuV и 257-YuV) и температура грунтов в скважинах. 1 – торф; 2 – жильный лед; 3 – песок; 4 – граница многолетнемерзлых пород.

Под жилой вскрыт песок средней крупности, местами оторфованный, с массивной криотекстурой до глубины основания скважины 6,1 м. Замеры температур в скважине в конце августа (26-28.08.1979) показали, что температура грунта на поверхности составляла +10, +11,5°C, на глубине 1 м – -0,4, -1°C, на глубине 6 м – -9,6°C. Скважиной в 8 м восточнее (точка 257-YuV) в центре полигональной ванны вскрыт торф мощностью 0,9 м, мерзлый с глубины 0,35 м, с примесью песка и супеси с нижней части. Под торфом до глубины 3,2 м вскрыт песок средней крупности, с примесью торфа, с массивной криотекстурой (см. рис. 2). В песке отмечено 3 прослоя торфа мощностью от 4 до 7 см, вблизи которых льдистость песка возрастала до 60-70%.

Замеры температур в скважине в конце августа (28-29.08.1979) показали, что температура грунта на поверхности составляла +8,3, +11,5°C, на глубине 1 м – -0,8°C, на глубине 2 м – -3,5°C.

В обнажении первой террасы р.Монгаталянгяха (точка 259-YuV), 3,2 км северо-западнее устья, повторно-жильных льдов не было встречено, однако в зачистке террасы высотой 3 м была описана сложно построенная конвективная система: крутые складки, сложенные темно-коричневым тяжелым суглинком с включениями черного аллохтонного торфа, залегающего иногда вертикально, иногда залегающих горизонтально. В левой части зачищен темно-коричневый суглинок в виде вертикального штока и крутой вертикальной складки высотой 0,4 м. Синклинальные складки сложены суглинком светло-серым, замещающимся в правой части супесью, а затем опесчаненным торфом. В левой части от описанной системы вновь практически вертикально залегающий опесчаненный торф, затем вновь большая синклинальная

складка и вновь торф, на поверхности этой системе соответствуют: синклиналям – межполигональные канавки, антиклиналям – (торф) – полигоны. Очевидно, что этот “конвектив” – результат вытаявания ледяных жил в прибрежной части в процессе подтопления поверхности первой террасы в бореальный период, когда в субаквальных условиях сформировались псевдоморфозы, внутри которых происходили конвективные процессы.

В северных районах Гыдана в голоцене рост повторно-жильных льдов происходил и субаквальных условиях в зоне мелководья отлогого берега (например, в районе пос.Гыда). Исследования в районах факторий Монгаталянг, Матюй-Сале, Еся-Яха и др. позволили установить, что преимущественный рост ПЖЛ происходит на участках пляжей, сформировавшихся в результате абразии высокой лавы с полигонально-жильными льдами. В результате абразии верхние части жил разрушаются, а в субаквальных условиях оказываются нижние части жил, по которым идет морозобойное растрескивание и рост ПЖЛ. Современное зарождение ПЖЛ в субаквальных условиях Пригыданской акватории происходит очень редко. Исключение представляют мелководья озер, оторфованность отложений и гидрологический режим которых не препятствует длительному существованию открытых морозобойных трещин на дне и зарождению в них полигонально-жильных льдов.

Исследования Тюменской экспедиции показали активный рост повторно-жильных льдов, как в голоцене, так и в настоящее время. В 2 км северо-западнее мыса Арканова на поверхности высокой поймы р.Монгаталянгяха отчетливо выражены квадратные валиковые полигоны размером 20х20 м, с размерами внутренних ванн 15х15 м, окаймленных валиками шириной 2-2,5 м, которые возвышаются над ваннами на 0,3-0,5 м. Валики разделены глубокими канавками глубиной 0,7-0,8 м. Ширина некоторых канав достигает 2,5-3 м. В зоне дренирования валиковые полигоны трансформируются в выпуклые. Во внутренней зоне высокой поймы валики очень невысокие. На низкой пойме отмечены морозобойные трещины, которые часто открыты вверх, что и указывает на современное формирование повторно-жильных льдов. На поверхности поймы в 100 м от берега реки в полигональной трещине пробурена скважина (точка 252-YuV). В скважине сверху-вниз вскрыто (рис. 3):

0-0,6 м – торф светло-коричневый, мерзлый с глубины 0,1 м, с примесью песка серого мелкого. Ледистость около 35-40%;

0,6-3,2 м – жильный лед, белый, с включением торфа в верхней части, с прослоем песка на глубине 2,9-2,95 м.

В 1,5 км восточнее скважины 252-YuV на валиковом возвышении пробурена скважина (точка 255-YuV), ее разрез сверху-вниз представлен следующими отложениями: торф мощностью 0,4 м, мерзлый с глубины 0,15 м, с примесью супеси в основании, ледистость около 15-20%. Под торфом до глубины 5 м скважиной вскрыто чередование горизонтов супеси и песка, с прослоями торфа. Криотекстура – тонкошлифовая у супеси, массивная – в песке. С глубины 5 м до основания скважины 8,1 м вскрыт песок мелкий и средней крупности, оторфованный, с массивной криотекстурой (см. рис. 3).

Замеры температур в скважине в конце августа (24-26.08) показали, что на глубине 1 м температура грунта составляет уже $-1, -1,2^{\circ}\text{C}$, постепенно понижаясь до -8°C на глубине 8 м.

Современный рост ПЖЛ на пойме реки отмечен также в субаквальных условиях. На левом берегу р.Монгаталянгяха, 0,3 км севернее фактории Монгаталянг (точка 258-YuV) на поверхности поймы располагается большое озеро диаметром около 1 км. Озеро обрамляют валиковые полигоны. В канавках между валиками иногда наблюдаются зияющие трещины, которые прослеживаются и на дне озера, причем в последнем случае они более отчетливы. Ширина их на дне достигает 0,1 м, они проходят в

современных озерных отложениях, представленных светло-серым тонким песком и аллохтонным торфом.

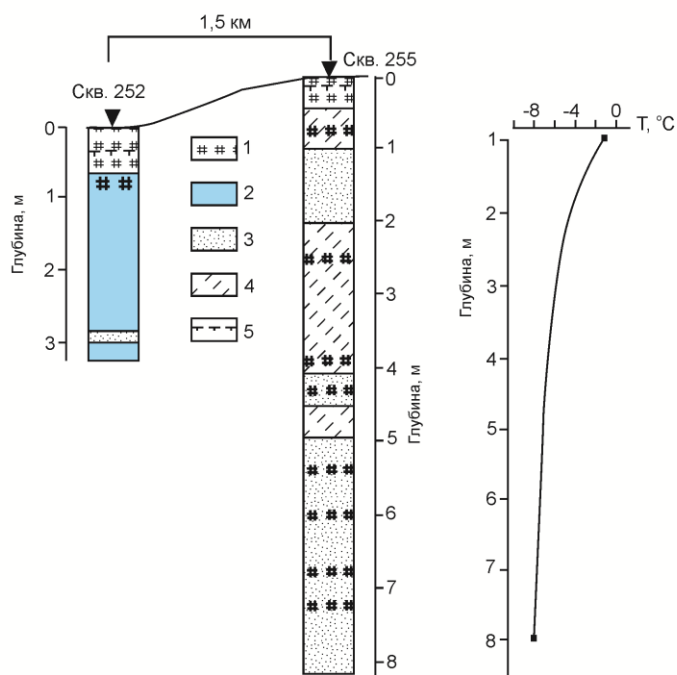


Рис. 3. Строение верхней части высокой поймы р. Монгаталянгъяха (по скв. 252-YuV и 255-YuV) и температура грунтов в скважинах. 1 – торф; 2 – жильный лед; 3 – песок; 4 – супесь; 5 – граница многолетнемерзлых пород.

В шурфе, заложенном поперек канавки между полигонами на поверхности поймы, вскрыты:

0-0,05 м – торф темно-коричневый;

0,05-1,2 м – песок светло-серый. На глубине 0,25 м в морозобойной трещине в центре канавки вскрывается элементарная годовичная жилка, которая на глубине 0,28 м нижним концом входит в ледяной росток, состоящий из 12 в верхней части и 24 в нижней части элементарных жилок. На глубине 0,7 м росток входит в ледяную жилу шириной в верхней части 3 м. Общая длина жилы превышает 3 м, она имеет форму слабо суживающегося клина. В теле жилы отчетливо видны вертикальные ледяные жилки, общее количество которых в верхней части жилы превышает 400 шт. На боковом контакте жилы с вмещающей породой наблюдается деформация последней, в виде перевернутых слоев темно-коричневого торфа. Голову жилы перекрывает светло-серый песок, в котором на высоте 0,4 м над головой жилы и до подошвы торфа на глубине 0,05 м залегают выдавленные снизу слои серого торфа, причем они перекрывают жилу в виде козырька (рис. 4). Общая мощность зоны деформаций более 0,2 м. Скорее всего, эти слои выдавлены с глубины 2-3 м. Центральная часть жилы перекрыта торфом, которые не содержит примесей супеси вдоль ростка и на контакте с головой жилы, здесь он темно-коричневого цвета, а в остальных частях – серовато-коричневый. Повторно-жильные льды исследованы и на лайде на восточном побережье п-ова Явай, в 0,3 км севернее места впадения р.Монгаталянгъяха в Гыданскую губу (точка 253-YuV). Современная аккумулятивная фация губы в приливно-отливной зоне представлена серым и желтовато-серым песком и кусками аллохтонного торфа, очень много хорошо окатанных обломков древесины.

В разрезе лайды вскрываются в основном:

0,0-0,1 м – торф;

0,1-0,2 м – суглинок светло-серый легкий;

0,2-0,3 м – супесь коричневатая-серая;

0,3-1,4 м – песок мелкий серый и желто-серый. В интервале глубин 1,4-1,6 м наблюдается кровля сложно построенной толщи осадков, состоящей из переслаивания песка серого и желтого и торфа. На глубине 0,4 м в обнажении наблюдается система полигонально-жильных льдов. Ширина жил в верхней части варьирует от 1,5 до 2,4 м. На боковых контактах многих жил наблюдаются деформации вмещающей породы (переслаивающихся песка и торфа). С глубины 1,4-1,6 м первая из описанных жил шириной в верхней части 2,4 м состоит из вертикально-слоистого льда. Голова жилы залегает горизонтально и перекрыта песком. Над осевой частью жилы расположена торфяная грунтовая жила шириной 0,3 м в верхней части и высотой 0,45 м, в центре которой проходит морозобойная трещина. Под морозобойной трещиной над жилой наблюдается росток шириной 0,13 м, высотой 0,05 м.

В 50 м севернее вскрыта еще одна ледяная жила, шириной 2,3 м на глубине 1 м. На глубине 0,2 м залегает современная жилка, состоящий из 14 элементарных жилок. На глубине 0,3 м залегает жила второго яруса шириной в верхней части 0,9 м. Лед ростка и жилы второго яруса резко отличаются по составу и цвету от льда жилы нижнего яруса - он насыщен большим количеством пузырьков воздуха, его цвет молочно-белый, в то время как жила нижнего яруса сложена серым прозрачным льдом. С обеих сторон жилы наблюдаются деформации вмещающих пород, ширина зон деформаций более 1,3 м. Деформированные слои частично упираются в боковую поверхность жилы, большая их часть проходит практически параллельно боковой поверхности и поднимается над головой жилы на 0,2-0,3 м в виде козырька.

На пляже в приливно-отливной зоне наблюдаются продолжающиеся от жил канавки шириной 0,2-0,4 м глубиной 0,2 м, в которых на глубине 0,25 м залегает жильный лед. В головы жил второго яруса упираются 2 торфяные жилы шириной 5-6 см. 4 аналогичных торфяных жилы упираются в голову жилы первого (нижнего) яруса. В приливно-отливной зоне наблюдаются хвосты жил, размытых в результате термоабразии отложений.

Засоленность отложений и повторно-жильных льдов отложений поймы

Анализ содержания и состава воднорастворимых солей в отложениях поймы показывает, что засоленность отложений (преимущественно супеси и песка) варьирует от 0,08 до 0,2%, составляя в среднем 0,14%. В составе солей преобладают хлориды (0,03-0,07%) и сумма натрия и калия (0,02-0,06%), рН около 6-7 (рис. 4, табл. 1). Согласно ГОСТу 25100-2011 ^[20] отложения относятся к незасоленным, т.к. их засоленность легкорастворимыми солями $D_{sal} < 0,5\%$. Преобладание в составе солей хлоридов и натрия указывает на заметное влияние морской акватории на формирование отложений, что, скорее всего, связано с морскими нагонами и приливами.

Определение химического состава льда жилы, опробованной в точке 258-YuV, показало, что по классу минерализации ПЖЛ ^[11] она относится к пресным, т.к. величина сухого остатка во льду варьирует от 58 до 260 мг/л (табл. 2). В ионном составе отмечено преобладание хлоридов и суммы натрия и калия. При этом во льду жилы можно выделить зоны с более высокой минерализацией и более высоким содержанием хлоридов (в среднем 60 мг/л) и суммы натрия и калия (в среднем 35 мг/л) (рис. 5, зона I, рис. 6), и зоны с более низкой минерализацией – не более 116 мг/л, в которых содержание хлоридов и суммы натрия и калия не превышает 20 мг/л (рис. 5, зона II, рис. 6). Возможно, формирование таких зон связано с вариациями минерализации воды, заполняющей морозобойные трещины по мере формирования жилы. Более высокая минерализация льда жилы за счет повышения содержания хлоридов и натрия, возможно, обусловлена затеканием в морозобойные трещины речных вод, осолоненных в результате морских нагонов. Наименее минерализованный лед формируется преимущественно из талого снега.

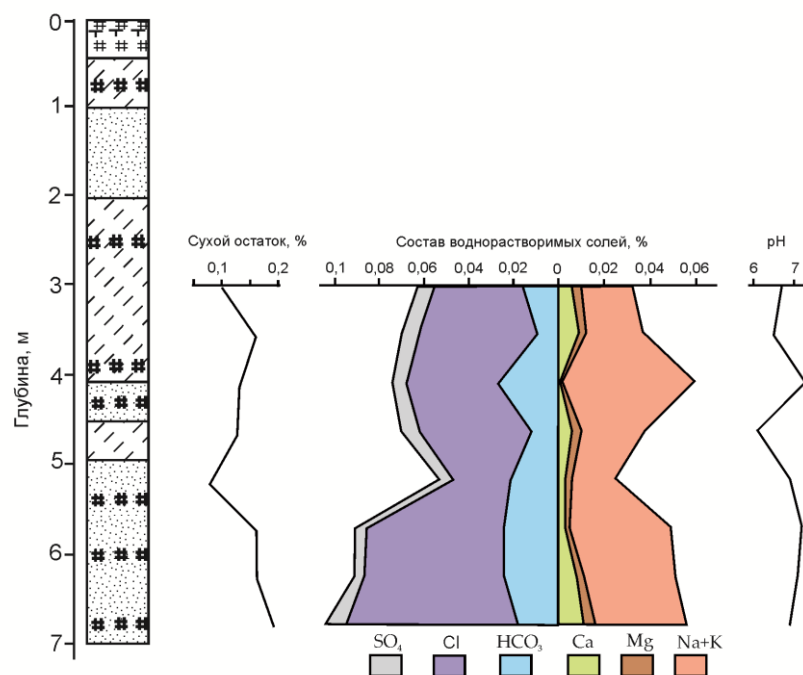


Рис. 4. Строение разреза высокой поймы р. Монгаталянгьяха (точка 255-YuV), засоленность отложений и содержание воднорастворимых солей. Условные знаки см. на рис. 3.

Таблица 1. Содержание и состав воднорастворимых солей в отложениях высокой поймы в низовьях р. Монгаталянгьяха на п-ве Явай (точка 255-YuV), %

№ об-разца	грунт	Гл., м	Сухой остаток	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	pH
6	Супесь легкая	2,9-3,0	0,102	0,015	0,04	0,007	0,006	0,004	0,022	6,7
7	Супесь средняя	3,5-3,6	0,164	0,009	0,053	0,008	0,009	0,003	0,025	6,5
8	Супесь средняя	4,0-4,1	0,132	0,027	0,041	0,006	0,001	0,0006	0,058	7,3
9	Песок с/к	4,4-4,5	0,128	0,012	0,05	0,008	0,006	0,004	0,028	6,1
10	Песок с/к	5,0-5,1	0,08	0,021	0,026	0,006	0,003	0,003	0,019	6,9
11	Песок мелкий	5,5-5,6	0,162	0,024	0,061	0,006	0,003	0,002	0,044	7,2
12	Песок мелкий	6,0-6,1	0,164	0,024	0,063	0,004	0,008	0,003	0,04	7,1
13	Песок оторф.	6,7-6,8	0,196	0,018	0,077	0,009	0,011	0,005	0,04	6,9

* с/к – средней крупности

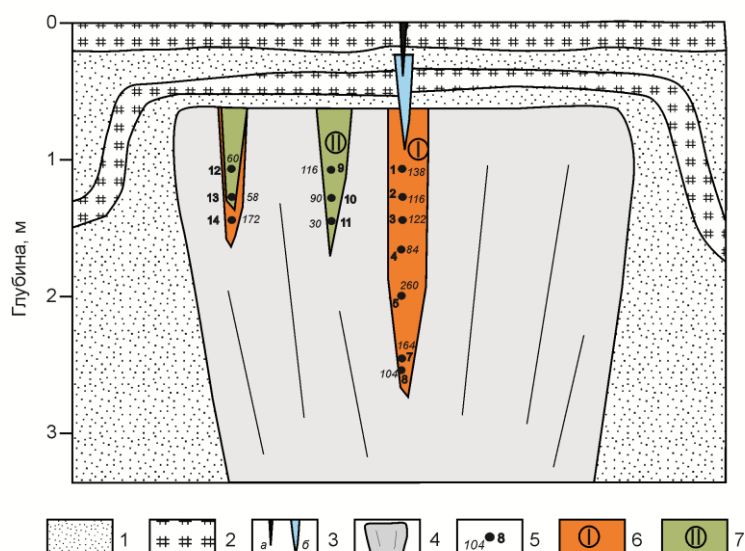


Рис. 5. Строение разреза высокой поймы с повторно-жильными льдами (точка 258-YuV) и минерализация льда жилы. 1 – песок; 2 – торф; 3 – морозобойная трещина (а) и современная жилка (б); 4 – лед жилы; 5 – номер образца и минерализация льда, мг/л; 6 – лед с преимущественной минерализацией 116-260 мг/л; 7 – лед с минерализацией 58-116 мг/л.

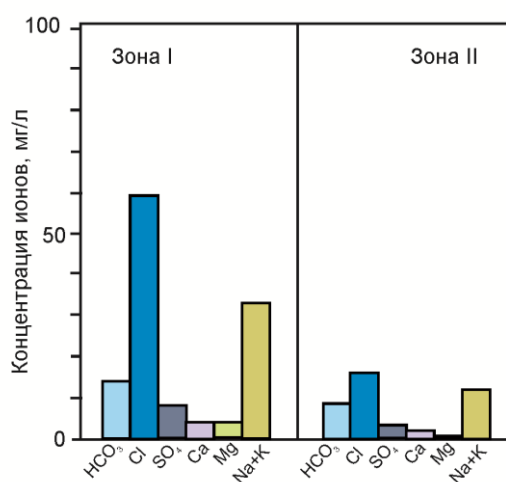


Рис. 6. Концентрация ионов во льду ПЖЛ с разной минерализацией, пойма р.Монгаталянгяха (точка 258-YuV).

Таблица 2. Химический состав сингенетических повторно-жильных льдов в отложениях поймы в низовьях р. Монгаталянгяха на п-ве Явай (точка 258-YuV), мг/л

№ образца	Глуб., м	Сухой остаток	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	pH
Отбор по вертикали в центральной части ПЖЛ									
1	1,0-1,1	138	24,4	44,3	4,9	2,2	3,8	27,8	6,3
2	1,2-1,45	116	18,3	40,4	9,0	1,8	3,4	27,1	5,8
3	1,5-1,6	122	9,8	37,6	9,1	1,8	2,3	25,5	6,1

4	1,65-1,8	84	12,2	23,6	3,3	1,8	1,1	17,2	7,5
5	1,9-2,2	260	18,3	119,7	17,3	9,2	5,6	71,8	6,4
6	2,25-2,3	-	24,4	108,5	13,2	7,4	7,3	63,2	5,5
7	2,35-2,4	164	12,2	72,4	9,9	4,6	3,9	43,5	6,5
8	2,45-2,5	104	6,1	41,7	6,6	4,6	2,3	23	5,7
Отбор по вертикали на расстоянии 0,5 м от центральной оси ПЖЛ									
9	1,0-1,1	116	61	11,8	6,6	3,6	0,6	28,5	7,7
10	1,2-1,4	90	6,1	16,7	3,3	1,8	0,6	11,3	6,4
11	1,5-1,6	30	6,1	11,3	3,3	1,0	0,5	9,0	6,3
Отбор по вертикали на расстоянии 1,2 м от центральной оси ПЖЛ									
12	1,0-1,1	60	12,2	19,5	3,3	2,8	0,5	14,5	5,7
13	1,2-1,4	58	12,2	18,1	4,1	2,8	0,5	14,0	5,4
14	1,5-1,6	172	0	41,7	2,5	3,6	4,0	0,2	4,3

Засоленность отложений и повторно-жильных льдов отложений лайды

Анализ содержания и состава воднорастворимых солей в отложениях лагунно-морской лайды, представленных преимущественно песками, перекрытыми с поверхности оторфованной супесью (точка 253-YuV) показывает их довольно невысокую засоленность, не превышающую 0,12%, что позволяет их отнести к незасоленным согласно ГОСТу 25100-2011 [20]. В составе солей преобладают хлориды и сумма натрия и калия (табл. 3, рис. 7), максимальная концентрация которых отмечена в горизонте песка на глубинах 0,6 и 1,6 м. Преобладание хлоридов в составе солей явно указывает на морской тип засоления отложений, при этом степень засоленности отложений не превышает, и даже немного ниже засоленности отложений поймы р.Монгаталянгъяха.

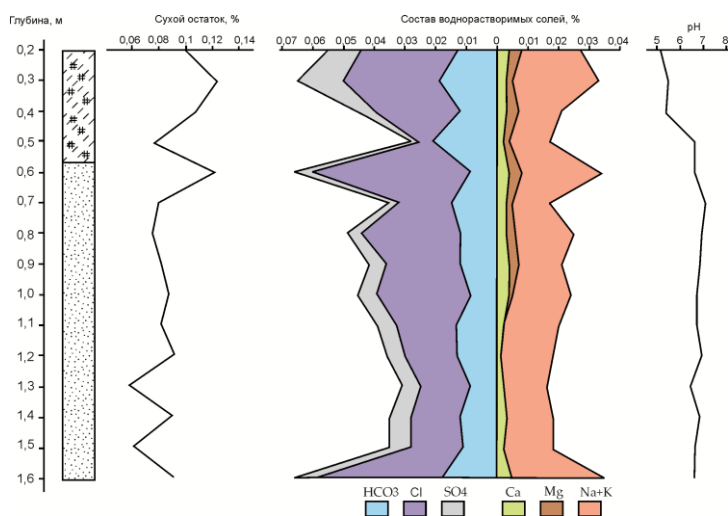


Рис. 7. Строение разреза лагунно-морской лайды в устье р. Монгаталянгъяха (точка 253-YuV), засоленность отложений и содержание воднорастворимых солей.

Таблица 3. Содержание и состав воднорастворимых солей в отложениях лагунно-морской лайды, вмещающих ПЖЛ, в устье р. Монгаталянгяха на п-ве Явай (точка 253-YuV), %

№ образца	грунт	Гл., м	Сухой остаток	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	pH
15	Супесь Оторф.	0,15-0,2	0,1	0,013	0,031	0,011	0,004	0,004	0,019	5,2
16	Супесь Оторф.	0,25-0,3	0,124	0,019	0,031	0,015	0,003	0,002	0,028	5,5
17	Супесь Оторф.	0,35-0,4	0,108	0,012	0,028	0,006	0,003	0,004	0,014	5,4
19	Супесь Оторф.	0,55-0,6	0,078	0,021	0,005	0,002	0,002	0,002	0,013	6,6
20	Песок тон.	0,65-0,7	0,122	0,009	0,051	0,006	0,004	0,004	0,026	6,6
21	Песок тон.	0,75-0,8	0,08	0,015	0,017	0,003	0,003	0,002	0,012	7,1
22	Песок тон.	0,85-0,9	0,076	0,012	0,032	0,005	0,003	0,003	0,019	6,9
23	Песок тон.	0,95-1,0	0,082	0,012	0,024	0,006	0,004	0,003	0,014	6,8
24	Песок тон.	1,05-1,1	0,088	0,009	0,03	0,006	0,004	0,001	0,019	6,7
25	Песок тон.	1,15-1,2	0,082	0,013	0,02	0,006	0,002	0,0001	0,018	6,7
26	Песок тон.	1,25-1,3	0,092	0,013	0,017	0,006	0,001	0,0002	0,017	6,9
27	Песок р/к, слоистый	1,35-1,4	0,058	0,009	0,016	0,006	0,002	0,0001	0,014	6,4
28	Песок р/к, слоистый	1,45-1,5	0,09	0,012	0,016	0,007	0,003	0,0002	0,015	6,8
29	Песок р/к, слоистый	1,55-1,6	0,062	0,011	0,017	0,007	0,002	0,0002	0,016	6,6
30	Песок р/к, слоистый	1,65-1,7	0,092	0,018	0,041	0,007	0,005	0,0001	0,031	6,6

* тон. – тонкий, р/к – разной крупности

Анализ химического состава и минерализации одной из детально опробованных жил в отложениях лагунно-морской лайды показал существенные вариации полученных

значений (минерализация варьировала от 56 до 640 мг/л, табл. 4), что позволило выделить зоны с разной минерализацией.

При этом в зоне с максимальной минерализацией (зона I, см. рис. 8) в ионном составе заметно преобладают хлор и сумма натрия и калия, концентрация которых достигает 320-340 и 150-160 мг/л, соответственно (см. табл. 4, рис. 9), что указывает на заметное участие морской воды в формировании льда жилы [5, 6, 8, 16].

Во льду зон II-V при вариациях минерализации от 56 до 140 мг/л, отмечено гораздо более низкие концентрации хлора и суммы натрия и калия (не превышающее 25 мг/л), близкое к концентрации остальных ионов (см. рис. 9), что свидетельствует об отсутствии морского засоления и формировании этих фрагментов жилы преимущественно за счет талого снега или поверхностных пресных вод.

Формирование таких зон в теле одной жилы связано со сменой фациального режима осадконакопления в период формирования жил. Кроме того, при формировании в жилах клиновидных зон с разной соленостью должно было соблюдаться условие локализации расположения морозобойных трещин во время формирования каждой из зон в период существования относительно однородного фациального режима [5].

Исследования химического состава воды в акватории и органических компонентов в донных осадках Гыданской губы показали существенное влияние речного стока. Так, в южной части Гыданской губы, куда впадают достаточно многоводные реки Гыда и Юрибей, а также многочисленные ручьи, вытекающие из озер, формируются воды с низкой минерализацией. Сумма ионов в воде в центральной части изменялась от 32-56 мг/л, в относительном составе преобладали ионы гидрокарбонатов и кальция, до 112-210 мг/л вблизи берегов, при этом в составе ионов здесь доминировали хлориды и натрий, что указывает на влияние поверхностного стока с территории водосбора [21]. Также в районе впадения рек Гыда и Юрибей отмечено высокое значение соотношения C/N в донных осадках губы (равное 10-12), что указывает на заметный вклад терригенной составляющей в органическое вещество осадков (ОВ). По мере удаления от побережья в открытое море наблюдалось и повышение значений $\delta^{13}\text{C}$ ОВ (от -28,5 ‰ в отложениях нижнего Енисея до -26,2 ‰ в осадках морского шельфа), что также отражает снижение вклада терригенной компоненты в органическое вещество осадков по мере удаления в сторону открытого моря [22].

Таблица 4. Химический состав сингенетических повторно-жильных льдов в отложениях лагунно-морской лайды в устье р. Монгаталянгяха на п-ве Явай (точка 253-YuV), мг/л

№ образца	Глуб., м	Сухой остаток	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	pH
1	0,7	140,0	18,0	27,0	7,0	2,0	2,0	15,0	6,0
2	0,6	66,0	12,0	18,0	6,0	2,0	1,0	15,0	6,4
3	0,7	94,0	24,0	17,0	7,0	2,0	2,0	14,0	6,3
4	0,7	110,0	12,0	24,0	8,0	2,0	2,0	18,0	5,3
5	0,7	102,0	6,0	24,0	8,0	2,0	1,0	18,0	6,0
6	0,7	72,0	6,0	22,0	7,0	2,0	2,0	13,0	5,1
7	1,3	72,0	18,0	25,0	7,0	3,0	1,0	21,0	6,4
8	1,3	74,0	12,0	29,0	7,0	2,0	3,0	18,0	5,6
9	1,3	82,0	16,0	32,0	7,0	3,0	3,0	21,0	6,1
10	1,7	56,0	12,0	22,0	5,0	4,0	1,0	15,0	6,2
11	1,7	70,0	18,0	23,0	7,0	4,0	1,0	18,0	6,4
12	1,7	600,0	12,0	325,0	29,0	21,0	25,0	156,0	6,1
13	1,7	640,0	16,0	347,0	33,0	22,0	28,0	166,0	5,6

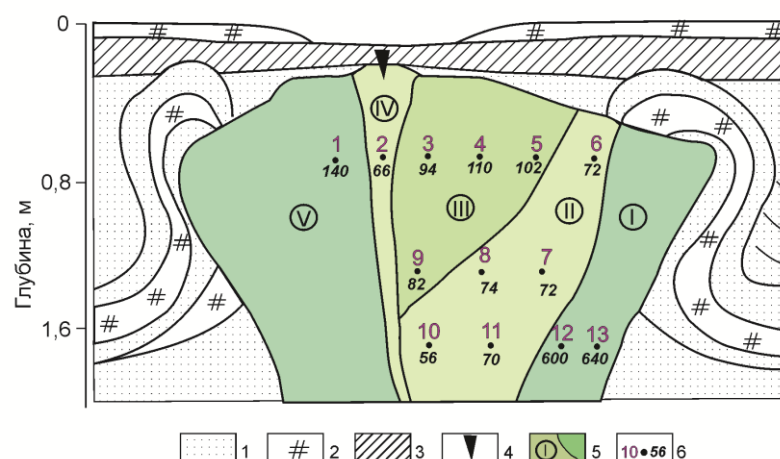


Рис. 8. Строение разреза лагунно-морской лавы с повторно-жильным льдом (точка 253-YuV) и минерализация льда жилы. 1 – песок; 2 – торф; 3 – супесь; 4 – морозобойная трещина; 5 – зоны с разной минерализацией жильного льда; 6 – номер образца и минерализация льда, мг/л.

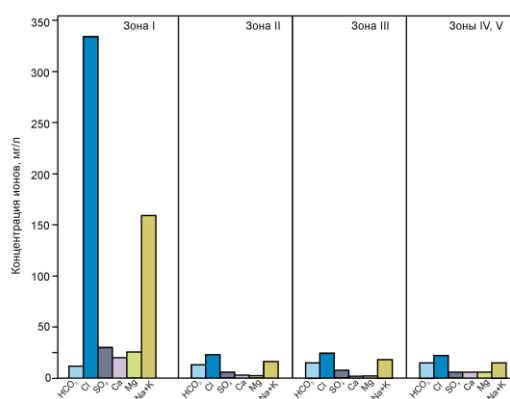


Рис. 9. Концентрация ионов во льду жилы с разной минерализацией, лагунно-морская лавы в устье р.Монгаталянгяха (точка 253-YuV).

В северной части Гыданской губы, примерно на широте устья р.Монгаталянгяха, химический состав воды во многом определяется влиянием вод Карского моря. Величина pH воды в этой части залива выше (7,86-7,95), чем в южной. Под влиянием морских вод содержание ионов солевого состава увеличилось на 1-2 порядка, класс воды сменился на хлоридно-натриевый. Сумма ионов в поверхностном слое варьировала от 3100 мг/л (по побережью п-ова Мамонтова) до 5970 мг/л вблизи берега п-ова Явай. В придонном слое минерализация воды повышалась до 4700-6600 мг/л [21].

Для сравнения можно привести данные по солевому составу и минерализации воды р.Мессояха (исследования проводились летом 1990 г. и зимой 2012 г.), которая протекает на юге Гыданского п-ова и впадает в Тазовскую губу. Было установлено, что минерализация воды реки низкая, в составе ионов преобладают гидрокарбонаты и кальций, при этом летом минерализация воды составляла 25-30 мг/л, зимой 56-135 мг/л, при этом отмечалось ее повышение в устьевой части реки. Эти данные показывают отсутствие морского влияния на химический состав воды даже в устье [23].

Н.В.Юркевич с соавторами показали, что в 28 пробах воды природных рек, ручьев и озер вблизи озера Парисенто суммарное содержание основных катионов и анионов варьирует от 6,9 до 92 мг/л. Концентрации ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+} , SO_4^{2-} , Cl^{-} значительно ниже ПДК для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [24]. Анализ содержания воднорастворимых солей в поверхностных

водах, донных отложениях, грунтах и почвенном покрове, отобранных в разных районах Гыданского п-ва, показал в целом довольно низкое содержание воднорастворимых солей во всех рассматриваемых объектах (в среднем 114 мг/л в воде и 218-252 мг/кг в грунтах и почвах), и преобладание в ионном составе Ca^{2+} и HCO_3^- [25].

Выводы

Пойменные и лагунно-морские отложения в низовьях р.Монгаталянгяха на п-ове Явай, север Гыданского п-ва в голоцене формировались под воздействием осолоненных вод северной части Гыданской губы. На это указывает преобладание в составе солей ионов хлора и натрия. При этом засоленность отложений не превышает 0,2%, что позволяет их отнести к незасоленным.

Формирование в теле повторно-жильных льдов зон с разной минерализацией связано со сменой фациального режима осадконакопления в период формирования жил. В целом для жильного льда характерна низкая минерализация, не более 100-130 мг/л, что обусловлено их преимущественным формированием из пресных поверхностных вод (талого снега).

В отдельные периоды развития жилы на лайде в устье р.Монгаталянгяха, вероятно, формировались с участием вод Гыданской губы, о чем свидетельствуют фрагменты льда с минерализацией более 600 мг/л и высоким содержанием хлора (более 300 мг/л) и натрия (более 150 мг/л) в составе солей. В формировании жил на пойме могли принимать участие речные воды в периоды приливов или нагонов, в результате чего фрагменты жил в пойменных отложениях характеризуются минерализацией 170-260 мг/л и заметным преобладанием хлора и натрия.

Библиография

1. Трофимов В. Т., Бадю Ю. Б., Кудряшов В. Г., Фирсов Н. Г. Полуостров Ямал. М., 1975, 278 с.
2. Данилов И. Д., Соломатин В. И., Шмидеберг Н. А. Химический состав подземных льдов как показатель условий их формирования и генезиса вмещающих пород // Природные условия. Зап. Сибири. Вып. 7. М., 1980, с. 119–126.
3. Анисимова Н. П. Криогидрогеохимические особенности мерзлой зоны. Новосибирск, 1981, 153 с.
4. Васильчук Ю.К. Закономерности развития инженерно-геологических условий севера Западной Сибири в голоцене / Автореферат дисс. ... канд. геол.–минер. наук. М.: Наука, 1982, 27 с.
5. Vasil'chuk Yu.K., Trofimov V.T. Cryohydrochemical peculiarities of ice–wedge complexes in the north of Western Siberia // Permafrost. Fourth International Conference, Proceedings. Fairbanks. Alaska. National Academy Press. Washington. 1983, p.1303–1308.
6. Васильчук Ю.К., Трофимов В.Т. О находках сильноминерализованных повторно-жильных льдов // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1984. N 8. С.129–134.
7. Дубиков Г.И. Закономерности формирования состава и криогенного строения мерзлых осадочных пород (на примере Западной Сибири) / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. М. 1984. 48 с.
8. Васильчук Ю.К., Трофимов В.Т. Криогидрохимические особенности повторно-жильных льдов Ямало-Гыданской провинции // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. 1985. Т. 60. № 3, с. 114–120.
9. Анисимова Н.П. Гидрогеохимические закономерности криолитозоны / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Якутск. 1985. 36 с.
10. Крицук Л.Н., Поляков В.А. Использование комплекса гидрохимических и изотопных

методов для изучения подземных льдов // Инженерная геология. 1988. N3, с. 91–98.

11. Васильчук Ю.К. Изотопно-кислородный состав подземных льдов (опыт палеогеокриологических реконструкций). М.: Изд. Отдел. Теоретических проблем РАН. МГУ, ПНИИИС. 1992. В 2-х томах. Т.1. – 420 с. Т.2 – 264 с. (Vasil'chuk Yu. K. 1992: Oxygen isotope composition of ground ice (application to paleogeocryological reconstructions). Volume 1, 420 pp., Volume 2, 264 pp. Theoretical Problems Department, Russian Academy of Sciences and Lomonosov Moscow University Publications, Moscow).
12. Стрелецкая И.Д. Закономерности распространения и формирования засоленных мерзлых грунтов и криопэгов севера Западного Ямала (на примере Бованенковского ГКМ) / Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. М. 1991. 166 с.
13. Leibman, M.O. Results of Chemical Testing for Various of Water and Ice, Yamal Peninsula, Russia // Permafrost and Periglacial Processes. 1996. Vol 7. No 3, p. 287–296.
14. Vasil'chuk Yu.K. Chemical Properties of Glacial and Ground Ice // Types and Properties of Water, in Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), [Ed. Martin G. Khublaryan], Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Paris, France, [http://www.eolss.net] [Retrieved April 23, 2015]. 2006, p. 265–295.
15. Васильчук Ю.К. Геохимический состав подземных льдов севера Российской Арктики // Арктика и Антарктика. 2016. № 2, с. 23–39. DOI: 10.7256/2453-8922.2016.2.21378. URL: http://e-notabene.ru/arctic/article_21378.html
16. Васильчук А.К., Васильчук Ю.К. Инженерно-геологические и геохимические условия полигональных ландшафтов острова Белый (Карское море) // Инженерная геология. 2015. №1, с. 50–65. (Vasil'chuk A.C. & Vasil'chuk Yu.K. 2015. Engineering-geological and geochemical conditions of polygonal landscapes on the Belyy Island (the Kara Sea). Engineering Geology. N1: 50–65).
17. Васильчук А.К., Васильчук Ю.К. Инженерно-геологические и геохимические условия полигональных ландшафтов в районе устья реки Тамбей (север полуострова Ямал) // Инженерная геология, 2015. № 4, с. 36–54 (Vasil'chuk A.C. & Vasil'chuk Yu.K. 2015. Engineering-geological and geochemical conditions of polygonal landscapes in the area of the Tambey River mouth (Yamal Peninsula, northern Siberia). Engineering Geology. N4: 36–54).
18. Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н. Минерализация повторно-жильных льдов как индикатор смены ландшафтов // Вестник Моск. ун-та. Серия география. 2016. №6, с. 96–103. (Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk A.C., Budantseva N.A., Chizhova Ju.N. Ice-wedge ice mineralization as indicator of landscape changes. Vestnik Moskovskogo Univiersiteta, Seriya Geografiya.(Moscow University Bulletin. Series 5. Geography). 2016. N6, p. 96–103.)
19. Буданцева Н.А., Васильчук Ю.К. Геохимический состав голоценовых повторно-жильных льдов Южного и Центрального Ямала // Арктика и Антарктика. 2017. № 1. С. 1–22. DOI: 10.7256/2453-8922.2017.1.22485.
20. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация.
21. Томберг И.В., Сороковикова Л.М., Сезько Н.П., Доля И.Н., Погодаева Т.В. Гидрохимическая характеристика Гыданской губы (Карское море) // Природа шельфов и архипелагов Европейской Арктики. 2010. № 10, с. 292–295.
22. Гранина Л.З., Гольдберг Е.Л., Панов В.С., Сушенцева Н.Н., Срывкина Ю.В., Ходжер Т.В. Органические компоненты в донных осадках нижнего Енисея, Гыданской губы и шельфа Карского моря // Криосфера Земли. 2011. XV (4), с. 100–103.
23. Уварова В.И., Матковский А.К., Захарова Т.В., Князева Н.С., Коваленко А.И., Соломинова Н.П. Качество воды и донных отложений р.Мессояха // Вестник рыбохозяйственной науки. 2014. Т. 1. № 1(1), с. 80–93.
24. Юркевич Н.В., Саева О.П., Оленченко В.В., Синицкий А.И. Оценка геохимического состава природных поверхностных вод Гыданского полуострова // Интерэкспо ГЕО-

Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. (Новосибирск, 17-21 апреля 2017): Междунар. науч. конф. "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология": Сборник материалов в 4 т. Том 3. Изд. СГУГиТ, с. 150–155.

25. Пузанов А.В., Романов А.Н., Салтыков А.В. Микроэлементы в основных компонентах ландшафта Гыданского полуострова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 12 (146), с.60-64.

References (transliterated)

1. Trofimov V. T., Badu Yu. B., Kudryashov V. G., Firsov N. G. Poluostrov Yamal. M., 1975, 278 s.
2. Danilov I. D., Solomatin V. I., Shmideberg N. A. Khimicheskii sostav podzemnykh l'dov kak pokazatel' uslovii ikh formirovaniya i genezisa vmeshchayushchikh porod // Prirodnye usloviya. Zap. Sibiri. Vyp. 7. M., 1980, s. 119–126.
3. Anisimova N. P. Kriogidrogeokhimicheskie osobennosti merzloi zony. Novosibirsk, 1981, 153 s.
4. Vasil'chuk Yu.K. Zakonomernosti razvitiya inzhenerno-geologicheskikh uslovii severa Zapadnoi Sibiri v golotsene / Avtoreferat diss. ... kand. geol.–miner. nauk. M.: Nauka, 1982, 27 s.
5. Vasil'chuk Yu.K., Trofimov V.T. Cryohydrochemical peculiarities of ice–wedge complexes in the north of Western Siberia // Permafrost. Fourth International Conference, Proceedings. Fairbanks. Alaska. National Academy Press. Washington. 1983, p.1303–1308.
6. Vasil'chuk Yu.K., Trofimov V.T. O nakhodkakh sil'nomineralizovannykh povtorno-zhil'nykh l'dov // Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya. 1984. N 8. S.129–134.
7. Dubikov G.I. Zakonomernosti formirovaniya sostava i kriogenного stroeniya merzlykh osadochnykh porod (na primere Zapadnoi Sibiri) / Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni doktora geologo-mineralogicheskikh nauk. M. 1984. 48 s.
8. Vasil'chuk Yu.K., Trofimov V.T. Kriogidrokhimicheskie osobennosti povtorno-zhil'nykh l'dov Yamalo-Gydanskoi provintsii // Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody. Otdel geologicheskii. 1985. T. 60. № 3, s. 114–120.
9. Anisimova N.P. Gidrogeokhimicheskie zakonomernosti kriolitozony / Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni doktora geologo-mineralogicheskikh nauk. Yakutsk. 1985. 36 s.
10. Kritsuk L.N., Polyakov V.A. Ispol'zovanie kompleksa gidrokhimicheskikh i izotopnykh metodov dlya izucheniya podzemnykh l'dov // Inzhenernaya geologiya. 1988. N3, s. 91–98.
11. Vasil'chuk Yu.K. Izotopno-kislorodnyi sostav podzemnykh l'dov (opyt paleogeokriologicheskikh rekonstruktsii). M.: Izd. Otdel. Teoreticheskikh problem RAN. MGU, PNIIS. 1992. V 2–kh tomakh. T.1. – 420 s. T.2 – 264 s. (Vasil'chuk Yu. K. 1992: Oxygen isotope composition of ground ice (application to paleogeocryological reconstructions). Volume 1, 420 pp., Volume 2, 264 pp. Theoretical Problems Department, Russian Academy of Sciences and Lomonosov Moscow University Publications, Moscow).
12. Streletskaya I.D. Zakonomernosti rasprostraneniya i formirovaniya zasolennykh merzlykh gruntov i kriopegov severa Zapadnogo Yamala (na primere Bovanenkovskogo GKM) / Dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk. M. 1991. 166 s.
13. Leibman, M.O. Results of Chemical Testing for Various of Water and Ice, Yamal Peninsula, Russia // Permafrost and Periglacial Processes. 1996. Vol 7. No 3, p. 287–296.
14. Vasil'chuk Yu.K. Chemical Properties of Glacial and Ground Ice // Types and Properties of Water, in Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), [Ed. Martin G. Khublaryan], Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Paris, France,

- [<http://www.eolss.net>] [Retrieved April 23, 2015]. 2006, p. 265–295.
15. Vasil'chuk Yu.K. Geokhimicheskii sostav podzemnykh l'dov severa Rossiiskoi Arktiki // *Arktika i Antarktika*. 2016. № 2, s. 23–39. DOI: 10.7256/2453-8922.2016.2.21378. URL: http://e-notabene.ru/arctic/article_21378.html
 16. Vasil'chuk A.C., Vasil'chuk Yu.K. Inzhenerno-geologicheskie i geokhimicheskie usloviya poligonal'nykh landshaftov ostrova Belyi (Karskoe more) // *Inzhenernaya geologiya*. 2015. №1, s. 50–65. (Vasil'chuk A.C. & Vasil'chuk Yu.K. 2015. Engineering-geological and geochemical conditions of polygonal landscapes on the Belyy Island (the Kara Sea). *Engineering Geology*. N1: 50–65).
 17. Vasil'chuk A.C., Vasil'chuk Yu.K. Inzhenerno-geologicheskie i geokhimicheskie usloviya poligonal'nykh landshaftov v raione ust'ya reki Tambei (sever poluostrova Yamal) // *Inzhenernaya geologiya*, 2015. № 4, s. 36–54 (Vasil'chuk A.C. & Vasil'chuk Yu.K. 2015. Engineering-geological and geochemical conditions of polygonal landscapes in the area of the Tambey River mouth (Yamal Peninsula, northern Siberia). *Engineering Geology*. N4: 36–54).
 18. Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk A.C., Budantseva N.A., Chizhova Yu.N. Mineralizatsiya povtorno-zhil'nykh l'dov kak indikator smeny landshaftov // *Vestnik Mosk. un-ta. Seriya geografiya*. 2016. №6, s. 96–103. (Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk A.C., Budantseva N.A., Chizhova Ju.N. Ice-wedge ice mineralization as indicator of landscape changes. *Vestnik Moskovskogo Unversiteta, Seriya Geografiya*. (Moscow University Bulletin. Series 5. Geography). 2016. N6, p. 96–103.)
 19. Budantseva N.A., Vasil'chuk Yu.K. Geokhimicheskii sostav golotsenovykh povtorno-zhil'nykh l'dov Yuzhnogo i Tsentral'nogo Yamala // *Arktika i Antarktika*. 2017. № 1. S. 1–22. DOI: 10.7256/2453-8922.2017.1.22485.
 20. Mezhgosudarstvennyi standart. GOST 25100-2011. Grunty. Klassifikatsiya.
 21. Tomberg I.V., Sorokovikova L.M., Sez'ko N.P., Dolya I.N., Pogodaeva T.V. Gidrokhimicheskaya kharakteristika Gydanskoi guby (Karskoe more) // *Priroda shel'fov i arhipelagov Evropeiskoi Arktiki*. 2010. № 10, s. 292–295.
 22. Granina L.Z., Gol'dberg E.L., Panov V.S., Sushentseva N.N., Sryvkina Yu.V., Khodzher T.V. Organicheskie komponenty v donnykh osadkakh nizhnego Eniseya, Gydanskoi guby i shel'fa Karskogo morya // *Kriosfera Zemli*. 2011. XV (4), s. 100–103.
 23. Uvarova V.I., Matkovskii A.K., Zakharova T.V., Knyazeva N.S., Kovalenko A.I., Solominova N.P. Kachestvo vody i donnykh otlozhenii r.Messoyakha // *Vestnik rybokhozyaistvennoi nauki*. 2014. T. 1. № 1(1), s. 80–93.
 24. Yurkevich N.V., Saeva O.P., Olenchenko V.V., Sinitskii A.I. Otsenka geokhimicheskogo sostava prirodnnykh poverkhnostnykh vod Gydanskogo poluostrova // *Interespo GEO-Sibir'-2017. XIII Mezhdunar. nauch. kongr. (Novosibirsk, 17-21 aprelya 2017): Mezhdunar. nauch. konf. "Nedropol'zovanie. Gornoe delo. Napravleniya i tekhnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh. Ekonomika. Geoekologiya"*: Sbornik materialov v 4 t. Tom 3. Izd. SGUGiT, s. 150–155.
 25. Puzanov A.V., Romanov A.N., Saltykov A.V. Mikroelementy v osnovnykh komponentakh landshafta Gydanskogo poluostrova // *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016. № 12 (146), s.60-64.